

Isartalsternwarte

Der „unsichtbare“ Himmel

Freitag, 28.03. 2025

Infrarote Strahlung in der Himmelsforschung

A. Einleitung

Nachdem wir uns bislang etwas eingehender mit der Radio-Astronomie beschäftigt haben, wollen wir nun im elektromagnetischen Spektrum zu den kürzeren Wellenlängen-Bereichen vordringen. Hier treffen wir zunächst auf die Infrarotstrahlung, die sehr viele wertvolle Informationen über den Randbereich unseres Sonnensystems, über den Zustand der interstellaren Materie, über die Entstehung fremder Sterne und über die Galaxien „am beobachtbaren Rand des Universums“ bereithalten. Ganz ähnlich wie die Beobachtung kosmischer Radio-Signale ist auch die Infrarot-Astronomie stark von teuren, überaus komplexen und empfindlichen Beobachtungsinstrumenten abhängig.

B. Hauptteil

1. Die Entdeckung der IR-Strahlung

Ein 1738 in Hannover geborener Berufsmusiker hatte sich schon früh einem anregenden Steckenpferd zugewandt: Der Beobachtung des Sternenhimmels. Sein Name ist Wilhelm Herschel.

Anfänglich machte er sich einen guten Namen als Trompeter, in dieser Funktion trat er in die Dienste des britischen Königs und emigrierte deswegen 1757 nach England. Dort stieg er später auf das Orgelspiel um und komponierte auch etliche sehr schöne Werke, die sogar heutzutage noch manchmal zu hören sind. 1766 nahm er die Stelle des musikalischen Leiters der Kirchengemeinde in Bath an. In seiner Freizeit baute er Fernrohre und spähte damit emsig ins All. Seine Schwester Caroline leistete ihm später bei seinen Himmelsforschungen wertvolle Unterstützung.

Am 13. März 1781 änderte sich sein Leben von Grund auf: Herschel entdeckte den Planeten Uranus und war mit einem Schlag weltberühmt.

Neben seinen epochalen Himmelsbeobachtungen experimentierte er auch im Bereich der Spektroskopie. Mit einem Prisma zerlegte er das Sonnenlicht in seine Regenbogenfarben und bestimmte mit einem Quecksilber-Thermometer die Temperaturen der einzelnen Farben. Er stellte fest, dass sich die gemessenen Temperaturen vom blauen Farbbereich zum roten Spektralband deutlich steigerten. Genau dort, wo die rote Spektralzone endete, stieg die Temperatur aber noch weiter an: „Unterhalb“ oder „Infra“ des roten Lichtes zeigte sein Thermometer eine „Calorische Strahlung“ an. Wir nennen diese Strahlung heute „Infrarot-Strahlung“ oder einfach „IR-Strahlung“.

2. Wellenlängenbereiche und atmosphärische Fenster

Ab einer Wellenlänge von 1 μm aufwärts sprechen wir von IR-Strahlung. Bei etwa 10 mm Wellenlänge beginnt dann der Bereich der Mikrowellen. Im „nahen Infrarot“ zwischen 1 μm und 10 μm erreichen noch ein paar prozentuale Anteile der kosmischen IR-Strahlung die tieferen atmosphärischen Schichten, jenseits davon ist die Lufthülle für IR-Strahlung völlig undurchlässig. Der Grund hierfür liegt darin, dass vor Allem das atmosphärische Wasser und auch das Kohlendioxid das kosmische IR verschluckt. Für die Beobachtungen im „nahen Infrarot“ reicht es, die Beobachtungsinstrumente auf möglichst hohe Berge zu stellen, wo die Luft nur noch wenig absolute Feuchtigkeit enthält. Ansonsten strebten die IR-Beobachter „nach Höherem“ und verwendeten Ballon-Teleskope oder gar IR-Teleskope in hochfliegenden Spezial-Flugzeugen. Inzwischen stützt sich die IR-Astronomie stark auf entsprechende Teleskope, die weit draußen im Weltraum tätig sind.

3. Technische Voraussetzungen für die Beobachtung kosmischer Infrarot-Strahlung

3.1. Kühlung der Sensoren

Damit überhaupt nutzbare IR-Signale aus dem All erfasst werden können, müssen die Beobachtungsinstrumente möglichst stark herunter gekühlt werden. Der hierbei erforderliche technische Aufwand ist enorm: Zumeist wird flüssiges Helium bei etwa -270° verwendet und es ist äußerst schwierig, dieses Zeug vom Verdampfen abzuhalten. Kühlen wir unsere IR-Teleskope nicht ausreichend herunter, dann empfangen wir nur die Eigenwärme des Instrumentes sowie seiner Umgebung und bekommen überhaupt keine nutzbaren Signale geliefert. Bei optischen Beobachtungen sind wir ja auch tunlichst bestrebt, möglichst finstere Beobachtungsbedingungen anzutreffen und jegliches Streulicht zu vermeiden.

3.2. Erdgebundene IR-Teleskope

Es gibt auf unserem Planeten Regionen, in denen die absolute Luftfeuchtigkeit außergewöhnlich niedrig bleibt. Dies sind Wüstenregionen, antarktische Gebiete und natürlich die Gipfel hoher Berge. So finden wir das Observatorium IRTF („Infrarote Teleskop-Fazilität“) auf dem Mauna-Kea / Hawaii in 4100m Höhe. Dort gelingen im „nahen Infrarot“ sinnvolle und erfolgreiche Beobachtungen.

3.3. Ballon-Teleskope

Vor Beginn des Zeitalters der IR-Satelliten wurden immer wieder IR-Teleskope an einen Stratosphären-Ballon gehängt und auf 30 – 50 km Höhe geschickt. Dort konnten dann die gewünschten Ergebnisse erzielt werden. Inzwischen sind diese Ballon-Missionen etwas „aus der Mode gekommen“.

3.4. SOFIA

Zunächst bediente sich die NASA eines umgebauten C141-Starlifter-Frachtflugzeugs, um mit ihm ein IR-Teleskop in die Hochatmosphäre zu bringen. Dort wurden dann über etliche Jahre hin fleißig IR-Beobachtungen ausgeführt. Das unter dem Namen „Kuiper-Observatorium“ tätige Flugzeug bekam alsbald einen Nachfolger, der inzwischen leider aus Kostengründen deaktiviert werden musste: Das „SOFIA-Observatorium“. SOFIA steht für „Stratosphärisches Observatorium für Infrarot-Astronomie“. Mit großem technischen und finanziellen Aufwand wurde ein B747SP-Jumbojet umgebaut, damit ein großes IR-Teleskop durch eine Luke im Rumpf den Infrarot-Himmel beobachten konnte. SOFIA wurde gemeinsam von der NASA und von der Universität Stuttgart eingesetzt. Das Ganze lässt sich nun in einem Museum bewundern.

3.5. IR-Satelliten

Die Zukunft der IR-Astronomie liegt eindeutig in der Raumfahrttechnik. Mit dem Satelliten „IRAS“ begann die Epoche der weltraumgestützten IR-Beobachtung, alsdann agierte bis vor einigen Jahren der Satellit „Spitzer“. Am 25.12.2021 wurde das „James-Webb-Teleskop“ gestartet. Eine Ariane 5-Rakete konnte das größte IR-Teleskop, das es je im All gegeben hat, zu einem speziellen Platz verfrachten, der als „Lagrange 2- Punkt“ ungefähr 1,2 Mio. km von uns entfernt liegt. Dort wird mit bislang unerreichter Präzision und Empfindlichkeit der Infrarot-Himmel „abgegrast“. Bei einem Fehlstart wären etliche Millionen Euros und viele Hoffnungen verdampft. Erst vor Kurzem ist nun der Satellit „Euklid“ in Betrieb gegangen. Auch er liefert momentan wunderschöne Bilder und wertvolle IR-Beobachtungsergebnisse.

4. Ergebnisse

4.1. Sonnensystem:

- Der Saturnmond Titan wird von einer dichten, optisch völlig undurchsichtigen Wolkenhülle umfungen. Mit dem IRTF (Hawaii) war es schon vor über dreißig Jahren endlich möglich geworden, Infrarot-Strahlung von der Oberfläche dieses Mondes zu empfangen und auszuwerten. Man entdeckte große dunkle Flächen und hellere Regionen, man ermittelte die Rotationsachse und den Tag/Nacht-Wechsel. Das Raumschiff „Cassini“ bestätigte später diese ersten Befunde. Die besagten dunklen Zonen entpuppten sich als Ozeane, die helleren Bereiche gehören zu Bergländern und Wüsten.
- Viele Kleinplaneten weisen komplexe Oberflächenstrukturen auf. Im IR-Spektralband reflektieren diese „Asteroiden“ das Sonnenlicht und prägen gleichzeitig ihrem IR- Spektrum spezifische chemische Oberflächen-Eigenschaften auf. Mit Hilfe dieser Beobachtungen glückte es den Forschern, metallische, steinige oder eisige Oberflächen diverser Planetoiden zu belegen und dort sogar auch noch organische Moleküle nachzuweisen.
- Am Rand des Sonnensystems ist es bitter kalt und furchtbar dunkel. Im optischen Spektrum sind die Himmelskörper, die dort um die Sonne laufen, praktisch unsichtbar. Mit ihrer Eigenwärme verraten sich aber diese „Kuiper-Belt-Objekte“ im IR-Licht und lassen sich damit recht günstig entdecken und verfolgen.
- Ganz ähnlich verhält es sich mit den Kometen: Bevor sie in das innere Sonnensystem gelangen, strahlen sie bevorzugt im Infraroten – dies unterstützt ihre frühzeitige Entdeckung und die Erstellung von Prognosen, wie sich der entsprechende Komet später in Sonnen-/Erd-Nähe eventuell verhalten könnte.
- Zwischen den Planeten ist der Raum alles Andere als sauber: Gigantische Staubschwaden durchziehen das Sonnensystem und sind optisch kaum zu erkennen. Infolge ihrer Eigenwärme, soweit wir hier bei ca. -170°C überhaupt von Wärme sprechen dürfen, gestattet uns die Untersuchung ihrer Dichteverteilung und ihrer Dynamik.

4.2. Interstellare Materie

Nicht nur im Radio-Bereich, sondern auch im IR-Spektrum sind viele Staub- und Gaswolken unserer Milchstraße beobachtbar. Besonders in der Hauptebene unserer galaktischen Scheibe wimmelt es von interstellarer Materie. Gebiete in unserer Milchstraße, die optisch wegen dichter Staub- und Gaswolken undurchsichtig bleiben, können mit Hilfe der IR-Beobachtung durchdrungen werden.

4.3. Entstehung von Sternen und Planeten

Überall dort, wo sich in unserer Galaxis interstellare Materie zusammen klumpt, steigt die Chance für die Bildung neuer Sterne und Planeten. Im frühen Stadium eines „neugeborenen Sternes“ ist optisch nicht viel auszurichten, denn dieses „Sternen-Baby“ wird noch von einem dichten Kokon aus Gas und Staub eingehüllt. Mit IR-Beobachtungen können wir jedoch solche „Proplyden-Hüllen“ durchdringen und den frisch entstandenen Stern sehen. Ferne Planetensysteme bilden sich aus Staub- und Gasscheiben, die junge Sterne umgeben. Große IR-Teleskope gestatten es uns, in diesen Materiescheiben Knoten und Verdichtungen zu sehen – also Vorstadien künftiger Planeten.

4.4. Suche nach Exo-Planeten

Bei optischen Beobachtungen überstrahlen die Sterne gewöhnlich ihre dazugehörigen Planeten extrem stark. Im IR-Licht ist hingegen der Helligkeitsunterschied zwischen einem Stern und seinem/n Planeten nicht ganz so drastisch. Deswegen fahnden die Forscher nach fremden Planetensystemen gerne im infraroten Spektralbereich.

4.5. Stark „rot verschobene“ Galaxien am „Rand unseres beobachtbaren Universums“

Unser Weltall dehnt sich aus, diese Expansion verläuft mit zunehmender Entfernung immer schneller. Diese Ausdehnung des Raumes wirkt sich auch auf die Strahlung aus, die uns von fernen Galaxien erreicht => deren Licht wird ebenfalls „gedehnt“. Die elektromagnetischen Wellen des bei uns „üblichen“ optischen Lichtes werden somit zu größeren Wellenlängen gestreckt, also in den roten oder gar infraroten Spektralbereich verschoben. Extrem ferne Galaxien sind nicht mehr optisch, sondern nur noch im IR-Bereich zu sehen. Dort erfahren wir dann recht genau, wie das Weltall in grauester Vorzeit beschaffen gewesen ist.

C. Schluss

Jenseits der violetten Regenbogenfarbe („jenseits“ heißt auf lateinisch „ultra“) schließt sich im elektromagnetischen Spektrum der Bereich der „Ultravioletten Strahlung“ (UV-Strahlung) an. Die Quellen der UV-Strahlung sind sehr energiereich und stehen für eher heiße Objekte. Davon soll hier am 11.04.2025 näher die Rede sein.